

ANALISIS PORTAL BERTINGKAT DENGAN ELEVASI LANTAI BERBEDA MENGGUNAKAN METODE CONSISTENT DEFORMATION DAN SLOPE DEFLECTION

Yustina Yuliana Ria Salonde

H. Manalip, Steenie E. Wallah

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi

Email : yustina_salonde83@yahoo.com

ABSTRAK

Pengetahuan mengenai nilai Bidang Gaya Dalam (BGD) pada suatu struktur merupakan hal yang paling mendasar. Nilai BGD akan sangat mempengaruhi terhadap perlakuan struktur yang akan diberikan pada struktur tersebut.

Jenis struktur yang ditinjau dalam penelitian ini adalah Portal Bertingkat dengan Elevasi Lantai Berbeda yang memiliki tiga tingkat dengan dua bentang dan tiga bentang. Struktur tersebut akan dianalisis dengan menggunakan Metode Consistent Deformation cara Potong dan Slope Deflection dengan bantuan Program Maple untuk mendapatkan nilai-nilai reaksi ujung, rotasi, dan translasi. Selain itu, dalam penelitian ini juga ditinjau pengaruh perbedaan elevasi lantai terhadap nilai momen pada kolom.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa Hasil Perhitungan menggunakan Metode Consistent Deformation Cara Potong dan Slope Deflection menghasilkan nilai reaksi ujung, rotasi dan translasi yang presentase selisihnya jauh dibawah 1% (Pada penelitian ini tidak melebihi 1.213E-06). Perubahan ketinggian elevasi lantai mengakibatkan perubahan momen pada portal khususnya pada kolom pendek. Semakin kecil perbedaan elevasi lantai, semakin besar momen yang bekerja pada kolom tersebut.

Kata Kunci : Portal bertingkat, Elevasi Lantai berbeda, nilai gaya-gaya dalam, metode consistent deformation, metode slope deflection.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Portal adalah suatu bangunan struktur yang terdiri dari satu atau beberapa kolom dan satu atau beberapa balok yang simpulnya saling dihubungkan dengan sambungan kaku.

Perencanaan portal bertingkat pada umumnya direncanakan dengan elevasi lantai yang sama. Namun, untuk beberapa perencanaan tertentu portal gedung bertingkat direncanakan dengan elevasi lantai yang berbeda. Misalnya untuk perencanaan Ruang Pertemuan / Aula di suatu Hotel yang memerlukan elevasi lantai yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi lantai lainnya.

Diagram Bidang Gaya Dalam (BGD) merupakan hal penting yang harus diketahui dalam analisis suatu bangunan struktur untuk perencanaan bangunan tersebut. Perhitungan akan menjadi mudah jika struktur yang dianalisis adalah struktur statis tertentu, yaitu struktur yang dapat dianalisis hanya dengan menggunakan tiga persamaan keseimbangan ($\sum H = 0$, $\sum V = 0$,

$\sum M = 0$). Namun, pada kenyataannya bangunan-bangunan struktur khususnya portal bertingkat merupakan struktur statis tak tentu yang memerlukan persamaan tambahan untuk menganalisisnya.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis struktur statis tak tentu antara lain : *Consistent Deformation Method* (CDM), *Slope Deflection Method* (SDM), *Moment Distribution Method*, *Flexibility Matrix Method*, *Stiffness Matrix Method*, Metode Takabeya, dll.

Dari metode-metode di atas, yang dipilih untuk menganalisis portal bertingkat yaitu metode *Consistent Deformation* dan metode *Slope Deflection*. Cara penyelesaian CDM dan SDM menggunakan Sistem Persamaan Linear (SPL), sehingga untuk mempermudah proses perhitungan akan digunakan bantuan program matematika (program Maple).

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini penulis akan menganalisis lebih lanjut mengenai:

- Bagaimana hasil Diagram Bidang Gaya Dalam (BGD) untuk suatu konstruksi dengan elevasi lantai yang berbeda?
- Bagaimana pengaruh perbedaan elevasi lantai terhadap nilai momen pada kolom?

Pembatasan Masalah

- Model struktur yang ditinjau adalah portal statis tak tentu dibatasi 2 dimensi saja dan Beban luar yang ditinjau adalah beban statis.
- Deformasi akibat momen lentur diperhitungkan tegak lurus elemen batang yang bersangkutan, sehingga perpindahan joint dianggap tegak lurus batang.

Tujuan Penelitian

Penulisan ini bertujuan:

- Secara umum, untuk memperoleh nilai Bidang Gaya Dalam (BGD) dari struktur statis tak tentu yang dianalisa.
- Untuk mengetahui pengaruh perbedaan elevasi lantai terhadap nilai momen pada kolom.

Manfaat Penelitian

Sebagai bahan referensi untuk analisis portal bertingkat dengan elevasi lantai yang berbeda.

TINJAUAN PUSTAKA

Teori Consistent Deformation Method

Pada struktur statis tak tentu jumlah reaksi lebih dari tiga, sehingga ada gaya kelebihan (yaitu selisih dari jumlah reaksi dengan tiga persamaan keseimbangan tersebut) yang disebut *redundant force(s)* atau disingkat RF (Wallah, 2001).

Jumlah RF menentukan syarat kompatibilitas atau syarat deformasi yang konsisten (SDK) atau sejalan dengan RF tersebut. Dengan menyelesaikan SDK tersebut maka besar RF dapat diperoleh. Ada dua prinsip dasar pada CDM yaitu cara utuh dan cara potong.

Consistent Deformation Method Cara Potong

Menurut Timoshenko and Young (1965), struktur dasar pada cara potong adalah dipisah – pisah menurut elemennya. Kemudian pada tiap ujung dipasang perletakan sendi–sendi. Lalu dipasang momen di tiap ujung batang yang besarnya belum diketahui sebagai *unknown* (UK).

Karena pada setiap ujung batang di simpul ada momen yang belum diketahui (sebagai UK) dan ada satu persamaan keseimbangan yang dapat mengurangi UK, maka RF pada setiap simpul sama dengan jumlah ujung batang pada simpul dikurangi satu. Perletakan sendi tidak menahan momen jadi momennya nol dan perletakan jepit karena dapat menahan momen ada RF.

Khusus untuk struktur yang ada goyangan maka selain RF, akan ada besaran atau perpindahan *displacement(s)* sebagai *unknown* yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan keseimbangan dari *free-body* diagram.

$$\text{Unknown (UK)} = \text{RF} + \text{Goyangan} \quad (1)$$

Langkah Penyelesaian CDM Cara Potong

- Struktur dipotong–potong menjadi beberapa elemen batang, lalu dipasang momen–momen di ujung batang
- Menentukan *Unknown*, yaitu RF (momen) dan goyangan.
- Menentukan SDK yang konsisten dengan RF, untuk perletakan jepit nilai $\Delta = 0$.
- Menentukan persamaan awal yaitu Persamaan keseimbangan momen di setiap titik simpul adalah 0. Yang perlu diperhatikan untuk momen yang ditetapkan sebagai RF harus selalu berada di ruas sebelah kanan.
- Jika terdapat goyangan diperlukan persamaan keseimbangan horisontal yang jumlahnya sama dengan jumlah goyangan.
- Menghitung Putaran sudut total dengan persamaan :

$$\theta_{DE} = \theta_{DE}^0 + \theta_{DE}^1 + \theta_{DE}^2 + \theta_{DE}^{goy} \quad (2)$$

Dimana : θ_{DE}^0 = Putaran sudut di titik D akibat beban luar

θ_{DE}^1 = Putaran sudut di titik D akibat M_{DE}

θ_{DE}^2 = Putaran sudut di titik D akibat M_{ED}

θ_{DE}^{goy} = Putaran sudut di titik D akibat goyangan

Teori Slope Deflection Method

Metode ini menggunakan prinsip cara potong dengan elemen dasar jepit – jepit dan tiap ujung batang/simpul dipasang rotasi. Rotasi dari ujung–ujung batang di setiap titik simpul yang belum diketahui besarnya disebut *unknown*. Rotasi ini

disebut juga *Redundant Displacement(s)* atau RD.

Goyangan adalah bagian dari RD. Perletakan sendi ada rotasi atau termasuk RD, tetapi pada jepit tidak ada RD. Jumlah semua RD pada suatu struktur disebut juga Derajat Kebebasan Kinetis (DKK) atau *Degree Of Freedom* (DOF). Jadi derajat kebebasan mengikuti rumus sebagai berikut :

$$DOF = JTS + JPS + JGY \quad (3)$$

Dimana : DOF = Degree Of Freedom
JTS = Jumlah titik simpul
JPS = Jumlah perletakan sendi
JGY = Jumlah goyangan

Langkah Penyelesaian SDM Cara Potong

- Struktur dipotong-potong menjadi beberapa elemen batang, lalu dipasang momen-momen di ujung batang
- Menentukan *Unknown*, pada metode SDM yang dijadikan sebagai *Unknown* (UK) yaitu theta (θ) dan goyangan
- Menentukan persamaan awal, yaitu nilai $\theta_{\text{perletakan jepit}} = 0$
- Menentukan persamaan keseimbangan momen, yaitu $\sum M_{\text{simpul}} = 0$
- Menghitung momen ujung batang dengan persamaan berikut :

$$M_{ED} = M_{ED}^0 + M_{ED}^1 + M_{ED}^2 + M_{ED}^{\text{goy}} \quad (4)$$

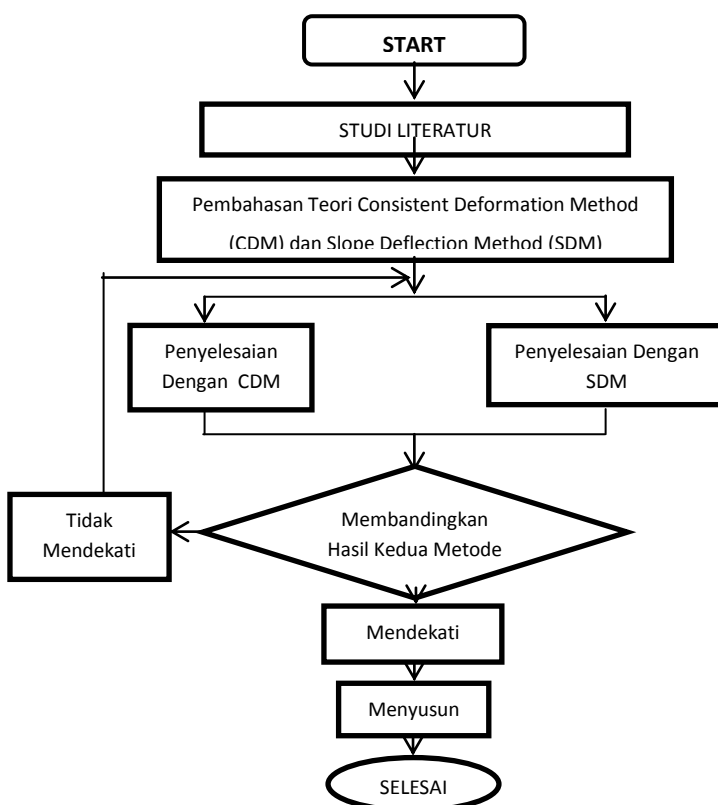
Dimana : M_{ED}^0 = Momen Ujung di titik E akibat beban luar
 M_{ED}^1 = Momen Ujung di titik E akibat θ_E
 M_{ED}^2 = Momen Ujung di titik E akibat θ_D
 M_{ED}^{goy} = Momen Ujung di titik E akibat goyangan

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penyelesaian penelitian ini disusun sedemikian rupa agar tujuan penelitian dapat tercapai.

Adapun tahapannya dirumuskan dalam bagan alir penelitian yang diperlihatkan pada Gambar 1. berikut.

Bagan Alir Penelitian

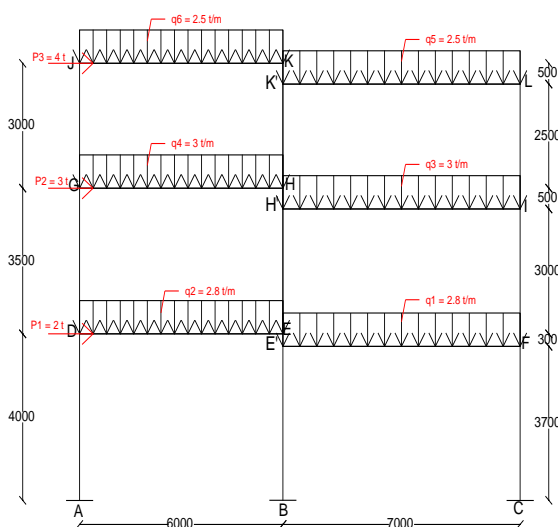


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

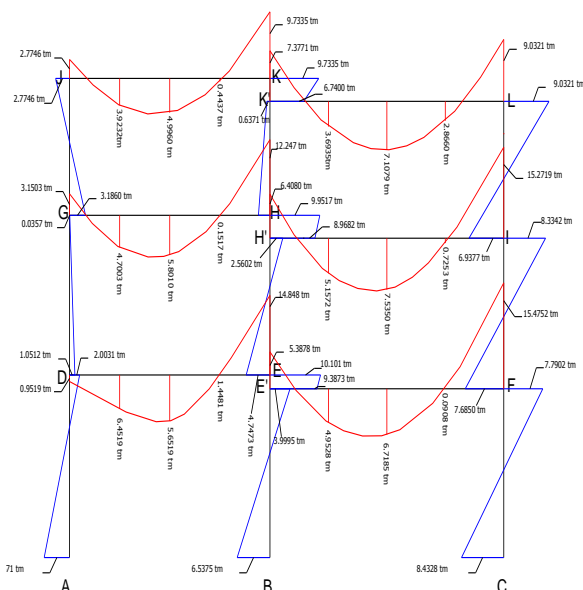
HASIL DAN PEMBAHASAN

Portal Dua Bentang Beda Elevasi

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode CDM cara potong dan SDM terhadap portal dua bentang, maka diperoleh Bidang Momen seperti yang terlihat pada Gambar 2 .



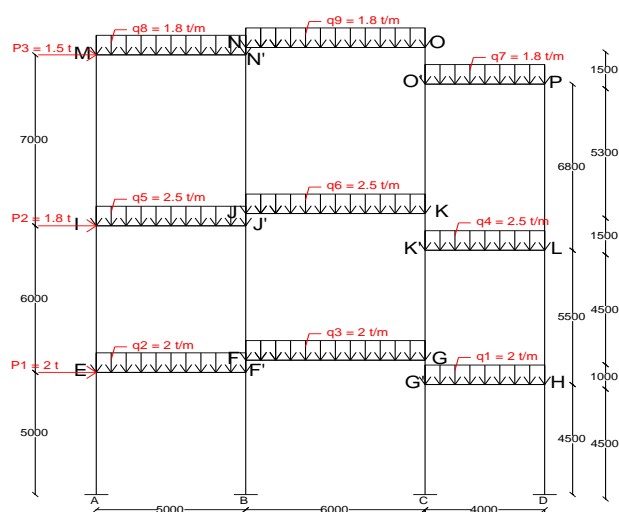
Gambar 2. Konstruksi Portal 2 bentang



Gambar 3. Bidang Momen Portal 2 bentang

Portal 3 Bentang Beda Elevasi

Untuk konstruksi portal 3 bentang diperoleh nilai momen seperti yang terlihat pada Gambar 4.



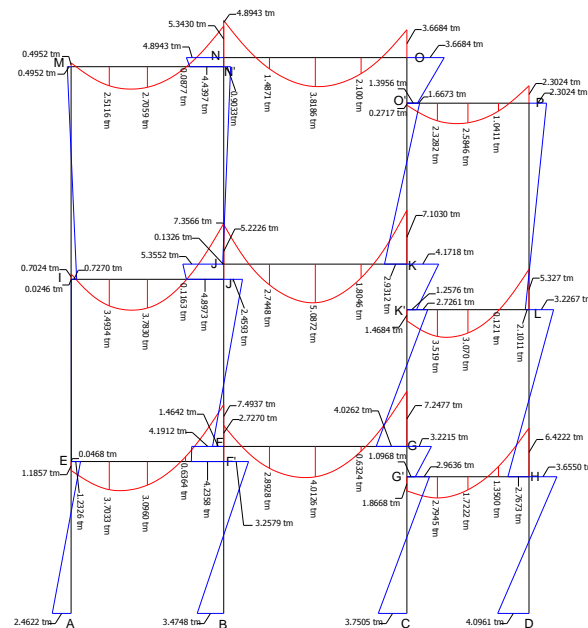
Gambar 4. Konstruksi Portal 3 Bentang

Dari gambar bidang momen pada Gambar 5 terlihat bahwa untuk kolom yang memiliki perbedaan elevasi lantai, nilai momen yang dipikul kolom tersebut lebih besar dibandingkan dengan kolom lainnya.

Konstruksi dengan Elevasi Lantai Sama

Dengan menggunakan data beban dan tinggi elevasi (digunakan tinggi maksimum) yang sama dari portal yang berbeda elevasi, akan ditinjau untuk portal yang sama elevasinya. Peninjauan ini bertujuan untuk memperlihatkan perbedaan

nilai BGD dengan portal yang beda elevasi dan dijadikan sebagai pembanding untuk variasi perbedaan elevasi lantai.

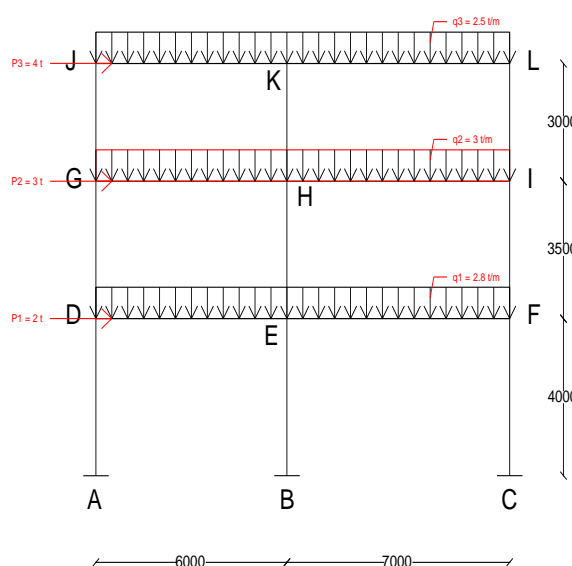


Gambar 5. Bidang Momen Portal 3 Bentang

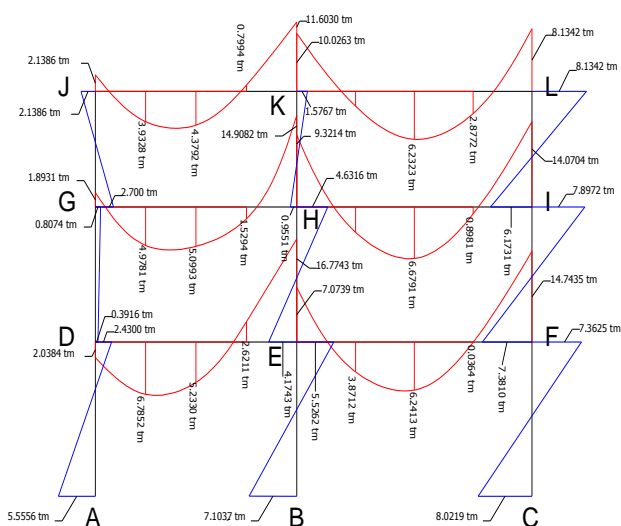
Portal Dua Bentang Sama Elevasi

Tinggi elevasi lantai yang digunakan yaitu mengikuti tinggi elevasi H_1 , H_2 , dan H_3 pada portal 2 bentang yang beda elevasi. Untuk memastikan apakah hasil perhitungan yang telah diperoleh benar, maka akan dilakukan kontrol menggunakan tiga persamaan keseimbangan, yaitu :

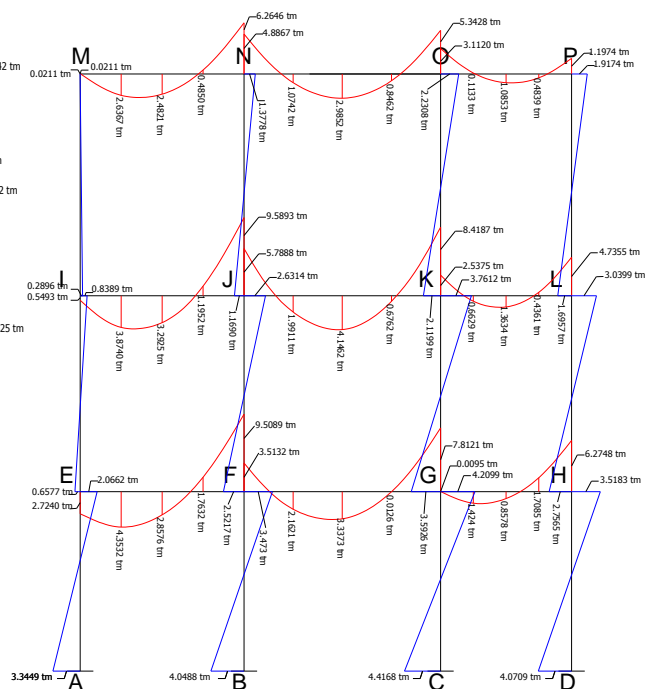
$$\sum M = 0, \sum V = 0, \text{ dan } \sum H = 0.$$



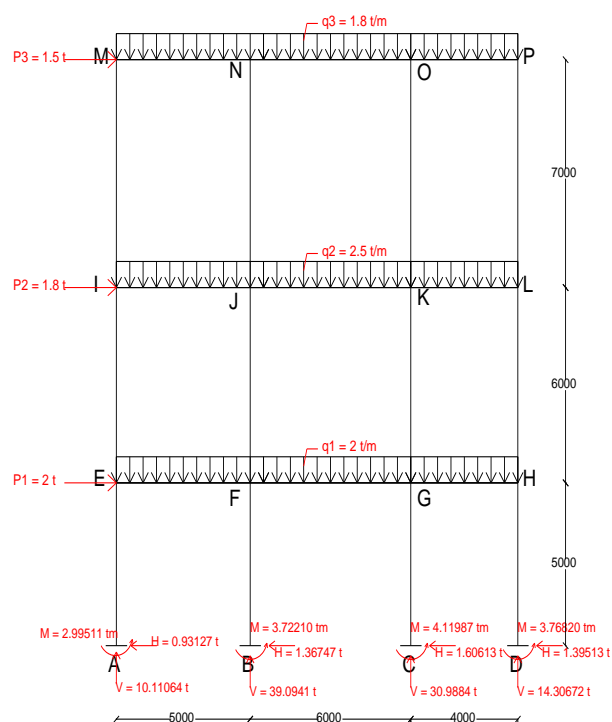
Gambar 6. Konstruksi Portal 2 bentang sama elevasi



Gambar 7. Bidang Momen Portal 2 bentang sama elevasi



Gambar 9. Bidang Momen Portal 3 bentang sama elevasi



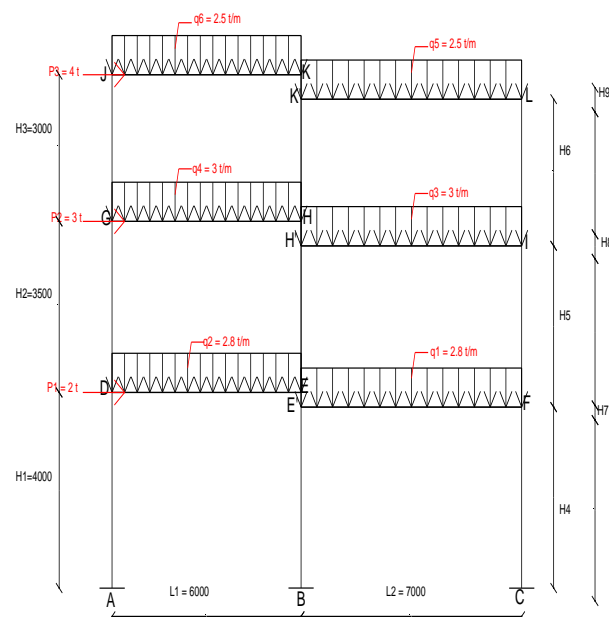
Gambar 8. Konstruksi Portal 3 bentang sama elevasi

Variasi Perbedaan Elevasi Lantai

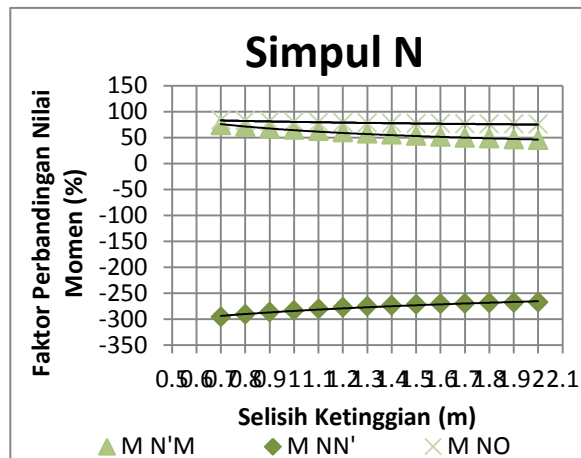
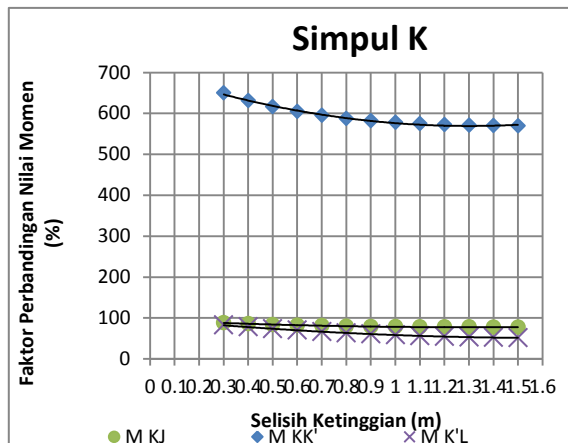
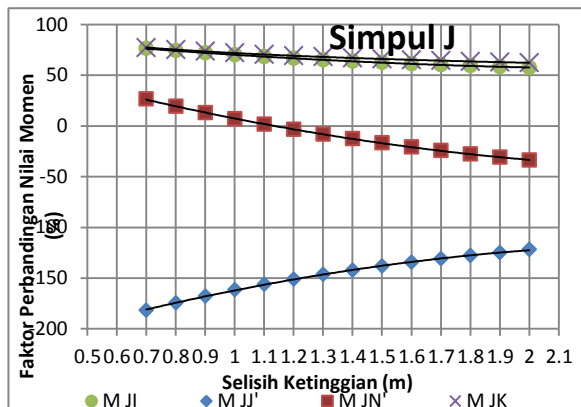
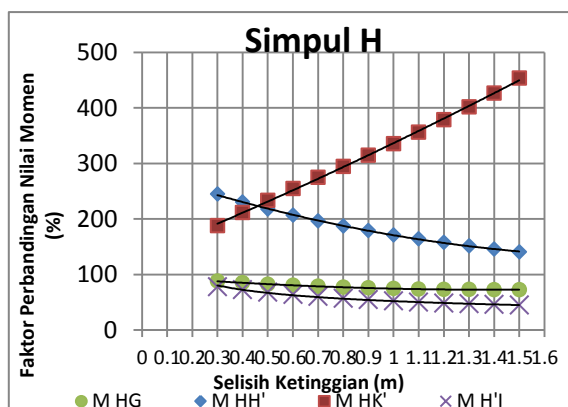
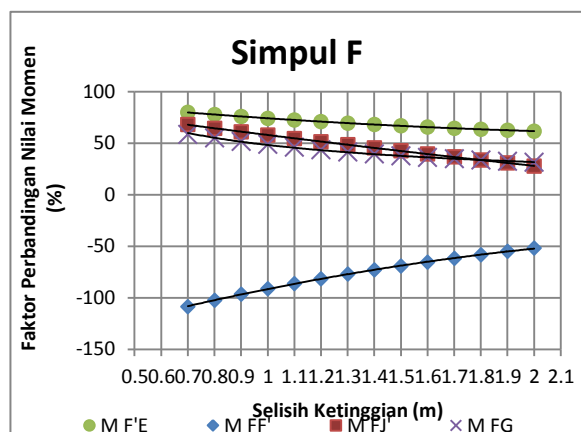
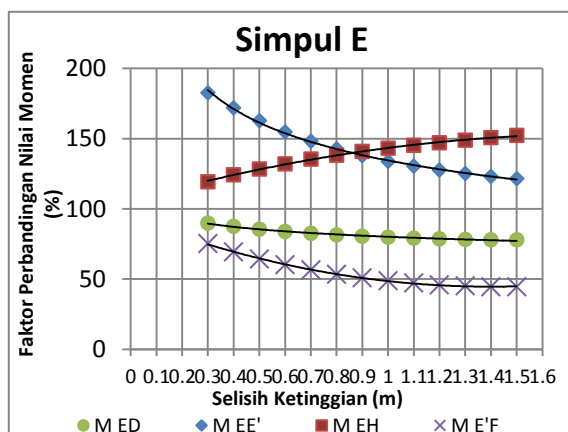
Untuk mengetahui pengaruh dari perbedaan elevasi lantai terhadap nilai momen pada kolom, maka dibuat variasi selisih ketinggian lantai. Kemudian setelah diperoleh nilai momen tersebut selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai momen pada portal yang sama elevasinya. Titik simpul yang ditinjau hanya pada titik simpul yang dianggap kritis (yang memiliki perbedaan elevasi lantai).

Portal 2 Bentang

Dengan mempertahankan nilai ketinggian H_1 , H_2 dan H_3 serta L_1 dan L_2 juga data-data beban seperti yang terlihat pada gambar 4.10, maka dibuat variasi ketinggian H_7 , H_8 , dan H_9 . Variasi perbedaan elevasi yang dibuat dimulai dari 0.3 meter – 1.5 meter dan hasilnya dirangkum dalam grafik 1.



Gambar 10. Bidang Momen Portal 2 beda elevasi



Grafik 1. Perbandingan nilai momen portal 2 bentang

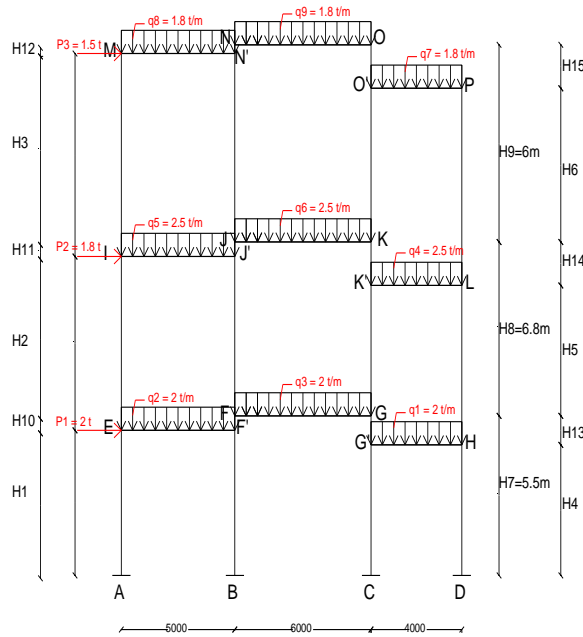
Grafik 2. Perbandingan nilai momen portal 3 bentang

Portal 3 Bentang

Dengan mempertahankan nilai untuk ketinggian H_7 , H_8 dan H_9 serta L_1 , L_2 , L_3 juga data-data beban seperti yang terlihat pada gambar 4.22, maka dibuat variasi ketinggian H_{10} , H_{11} , H_{12} , H_{13} , H_{14} , H_{15} . Variasi perbedaan elevasi yang dibuat dimulai dari 0.7 meter – 2.0 meter dan hasilnya dirangkum dalam grafik 2.

Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai momen mengalami peningkatan ataupun pengurangan nilai, namun khusus untuk Simpul J terjadi perubahan tanda nilai momen dari positif menjadi negatif pada kolom JN. Untuk aplikasi di lapangan hal tersebut dihindari jika menggunakan material beton, dikarenakan beton kuat menahan tekan namun tidak kuat untuk menahan tarik. Lebih disarankan untuk menggunakan material baja karena kuat menahan tarik maupun tekan.

PENUTUP



Gambar 11. Bidang Momen Portal 3 beda elevasi

Kesimpulan

- Hasil Perhitungan menggunakan Metode *Consisten Deformation* Cara Potong dan *Slope Deflection* menghasilkan nilai reaksi ujung, rotasi dan translasi yang presentase selisihnya jauh dibawah 1% (pada penelitian ini tidak melebihi $1.213E-06$)
- Perubahan ketinggian elevasi lantai mengakibatkan perubahan momen pada portal khususnya pada kolom pendek. Semakin kecil perbedaan elevasi lantai, semakin besar momen yang bekerja pada kolom tersebut.

Saran

Dari hasil yang telah diperoleh pada penelitian ini, diharapkan ada penelitian lanjutan dan disarankan untuk meneliti lebih lanjut tentang kolom pendek untuk memperoleh perlakuan struktur yang tepat yang dapat diberikan pada kolom tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Tanudjaja, H. dan Khosama, L.K. 2002. *Tabel Mekanika Rekayasa Mengenai Momen Primer dan Lendutan*. KEMRISTEK-UNSRAT. PDII-LIPI. Jakarta.
- Timoshenko, S.P. and Young, D.H. 1965. *Theory of Structure*. McGraw-Hill Inc.
- Soemono, 1993. *Ilmu Gaya Bangunan-bangunan Statis Tak Tertentu*. Djambatan. Jakarta.
- Wang, C.K. 1990. *Analisa Struktur Lanjutan*. Terjemahan Wirawan Kusuma, Nataprawira Mulyadi. Erlangga. Jakarta.
- Wang, C.K. *Struktur Statis Tak Tentu*. Erlangga. Jakarta